

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

## ⑯ Gebrauchsmuster

⑯ DE 296 12 203 U 1

⑯ Int. Cl. 6:  
F 16 J 15/34

DE 296 12 203 U 1

⑯ Aktenzeichen: 296 12 203.3  
⑯ Anmeldetag: 12. 7. 96  
⑯ Eintragungstag: 5. 9. 96  
⑯ Bekanntmachung im Patentblatt: 17. 10. 96

⑯ Inhaber:

Feodor Burgmann Dichtungswerke GmbH & Co,  
82515 Wolfratshausen, DE

⑯ Vertreter:

Schmidt H. und Kollegen, 80803 München

Rechercheantrag gem. § 7 Abs. 1 GmbH ist gestellt

⑯ Gleitringdichtungsanordnung

DE 296 12 203 U 1

12.07.96

DE1868

### Gleitringdichtungsanordnung

---

Die Erfindung betrifft eine Gleitringdichtungsanordnung gemäss dem Oberbegriff des Anspruches 1. Sie betrifft insbesondere eine Gleitringdichtungsanordnung zur Abdichtung von Fluiden zum Einsatz bei hohen Temperaturen und hohen abzudichtenden Drücken. Bei den Fluiden handelt es sich insbesondere, jedoch nicht ausschliesslich um Gase.

Ein Problem bekannter Dichtungsanordnungen der gattungsgemässen Art ist die zentrische Ausrichtung der zusammenwirkenden Gleitringe dergestalt, dass diese vor und bei Betrieb eine gewünschte koaxiale Beziehung zueinander und zur Drehwelle einnehmen, ohne dass durch die zentrierenden Massnahmen die Beweglichkeit der Gleitringe beeinträchtigt werden darf. In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass die Gleitringe im allgemeinen mit einer bestimmten Vorspannkraft beaufschlagt werden müssen, um ihre Dichtflächen in dichtendem Eingriff miteinander zu beaufschlagen und so bei Stillstand der Drehwelle eine ausreichende Dichtwirkung aufrechtzuerhalten. Die im allgemeinen von einer Federvorspanneinrichtung aufgebrachte Vorspannkraft wirkt auf einen der Gleitringe über ein

10.07.96

Kraftübertragungsglied in Gestalt eines Druckringes, der axial beweglich auf dem den Gleitring zentrierenden Teil angeordnet ist und gegenüber diesem Teil abgedichtet werden muss. Bei dem zentrierenden Teil handelt es sich bei den bekannten Gleitringdichtungsanordnungen um einen rohrförmigen Ansatz eines Gehäuses aus einem Stahlmaterial, an dem die Federvorspanneinrichtung gehalten ist. Während das Gehäuse und damit der Ansatz aus dem Stahlmaterial bestehen, ist der mit der Vorspannkraft beaufschlagte Gleitring im allgemeinen aus einem verschleissminimierenden Material, z.B. einem Keramikmaterial, wie Siliziumkarbid, Wolframkarbid, oder Kohlenstoffmaterial, gebildet. Bei sich ändernden Temperaturen erfahren daher der zentrierende Ansatz des Gehäuses und der Gleitring unterschiedliche Wärmedehnungen in radialer Richtung, da der Wärmeausdehnungskoeffizient von Stahlmaterial um ein Vielfaches denjenigen der vorgenannten bevorzugten Materialien für den Gleitring übertrifft. Der Zentrierspalt zwischen Gleitring und Gehäuseansatz war daher entsprechend gross zu bemessen, um ein Festsitzen des Gleitringes bei erhöhten Temperaturen zu vermeiden, obschon grundsätzlich unter dem Gesichtspunkt der Zentrierung engere Spalte zu bevorzugen sind.

Die relativ gross bemessenen radialen Zentrierspalte erfordern ausserdem besondere Vorkehrungen an der den Druckring gegenüber dem Zentrieransatz abdichtenden Dichtungseinrichtung, bei der es sich im allgemeinen um einen O-Ring handelt, damit das Material der Dichtungseinrichtung bei höheren Drücken daran gehindert ist, in den Zentrierspalt "extrudiert" bzw. verdrängt zu werden. Man hat daher schon vorgeschlagen, zwischen dem O-Ring und dem Zentrierspalt einen Stützring aus einem geeigneten Kunststoffmaterial, wie PTFE, anzuordnen, um dadurch den Zentrierspalt quasi axial gegenüber dem O-Ring abzudecken. Es zeigte sich jedoch, dass Stützringe bei hohen Temperaturen aufgrund des sehr hohen Wärmeausdehnungskoeffizienten des PTFE-Kunststoffmaterials und der behinderten Wärmedehnung durch die

10.07.96

Anordnung der Stützringe im Druckring dazu neigen, in anderer als radialer Richtung den Wärmebeanspruchungen nachzugeben und bei Abkühlung auf dem zentrierenden Gehäuseansatz festzufressen, was zu einem festen Sitz des Druckringes führen kann. Eine derart beeinträchtigte Gleitringdichtungsanordnung weist bei Stillstand der Drehwelle weder eine ausreichende Dichtwirkung auf, noch ist die Funktion der Gleitringe bei Betrieb gewährleistet, indem ein Ausfall der Gleitringdichtungsanordnung nach kurzen Betriebszeiten durch vorzeitigen Verschleiss der Dichtflächen bzw. hohe Leckage befürchtet werden muss.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Gleitringdichtungsanordnung der eingangs erwähnten Art mit einem verbesserten Betriebsverhalten unter hohen Temperaturen zu schaffen. Insbesondere soll ferner eine genaue Zentrierung der Gleitringe bei sich ändernden Temperaturen ebenso gewährleistet sein wie ein störungsfreier Betrieb der die Gleitringe mit einer Vorspannkraft beaufschlagenden Mittel. Des weiteren soll durch die Erfindung eine Gleitringdichtungsanordnung geschaffen werden, die sich zum Einsatz für gasförmige Medien bei hohen abzudichtenden Drücken und hohen Temperaturen eignet.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale im kennzeichnenden Teil des Anspruches 1 gelöst. Die Erfindung ermöglicht die Minimierung des radialen Zentrierspaltes zwischen einer Zentrierhülse, die den bekannten zentrierenden Gehäuseansatz ersetzt, und dem Gleitring unbeschadet der Temperaturen, unter denen die Gleitringdichtungsanordnung eingesetzt wird. Infolge der Wahl der Materialien, aus denen der Gleitring bzw. die Zentrierhülse gebildet sind, werden sich beide Bauteile unter ändernden Temperaturen in im wesentlichen dem gleichen Ausmass dehnen bzw. zusammenziehen, so dass die radialen Abmessungen des Zentrierspaltes durch thermische Einflüsse im wesentlichen nicht verändert werden. Für den zu zentrierenden Gleitring kann daher eine geeignete enge

10.07.96

Lossitzpassung gewählt werden, die bei ausreichender Beweglichkeit des Gleitringes die gewünschte genaue koaxiale Ausrichtung schafft. Besondere Vorteile bietet die Erfindung in Verbindung mit Mitteln, um den Gleitring mit einer Vorspannkraft gegen den Gegenring vorzuspannen, da infolge der engen Zentrierspalte die Gefahr, dass Material der Vorspannmittel in den Zentrierspalt bei hohen Drücken verdrängt wird, ausgeschaltet oder zumindest wesentlich herabgesetzt ist. Als bevorzugte Materialien werden gemäss einer Weiterbildung der Erfindung für den Gleitring Siliziumkarbid, Wolframkarbid oder ein Kohlenstoffmaterial und für die Zentrierhülse Siliziumkarbid oder Wolframkarbid vorgesehen, welche sämtlich annähernd gleiche Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzen. Siliziumkarbid und Wolframkarbid bieten zusätzlich den Vorteil einer hohen Steifigkeit, so dass sie unter hohen mechanischen Beanspruchungen entsprechend niedrige elastische Formänderungen erfahren. Obschon die Erfindung Vorteile bei einer herkömmlichen Abdichtung eines Druckringes mittels einer O-Ringdichtung bietet, sind vorzugsweise gemäss einer anderen Weiterbildung der Erfindung die den Druckring abdichtenden Mittel aus einem Material mit gleichem oder annähernd gleichem Wärmeausdehnungskoeffizient wie der der Zentrierhülse gebildet. Dies gewährleistet, dass bei hohen Temperaturen die axiale Beweglichkeit des Druckringes und damit ein wesentliches Kriterium für die Funktion der Gleitringdichtungsanordnung uneingeschränkt erhalten bleibt. Demzufolge kann die Dichtungseinrichtung für den Druckring vorzugsweise aus einem Kohlenstoffmaterial bestehen, dessen Wärmeausdehnungskoeffizient im wesentlichen demjenigen von einem keramischen Material, wie Siliziumkarbid oder Wolframkarbid, entspricht. Bezuglich anderer Weiterbildungen der Erfindung kann auf die Ansprüche verwiesen werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsformen und der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

12.07.96

Fig. 1 in längsgeschnittener Ansicht eine Ausführungsform der Erfindung mit einer Vorspanneinrichtung mit einem in herkömmlicher Weise abgedichteten Druckring,

Fig. 2 in einer Ansicht ähnlich Fig. 1 eine weitere Ausführungsform der Erfindung mit einer Vorspanneinrichtung mit einer verbesserten Abdichtung des Druckringes, und

Fig. 3 und 4 in fragmentarischen geschnittenen Teilansichten modifizierte Ausführungen von Druckringen mit verbesserter Dichtwirkung.

In der Zeichnung tragen gleiche oder ähnliche Teile die gleichen Bezugszeichen.

Fig. 1 zeigt eine Gleitringdichtungsanordnung gemäss einer ersten Ausführungsform der Erfindung. Die Gleitringdichtungsanordnung dient zur Abdichtung einer Drehwelle 2 gegenüber einem Gehäuse 1 und umfasst einen ersten Gleitring 3, der mit der Welle 2 in geeigneter Weise, z.B. über ein darauf befestigtes Mitnehmergehäuse 4, verbunden ist, so dass sich der Gleitring 3 zusammen mit der Welle 2 dreht, und einen zweiten Gleitring 5, der drehfest, jedoch axial beweglich am Gehäuse 1 gehalten ist. Die Gleitringe 3, 5 haben jeweils radiale Dichtflächen 6, 7, zwischen denen sich bei Betrieb ein Dichtspalt bilden kann, um einen Raum aussenumfänglich gegenüber einem Raum innenumfänglich der Gleitringe 3, 5 ohne berührende Eingriffnahme zwischen den Dichtflächen 6, 7 abzudichten. Wenn erwünscht, können förderwirksame Nuten, wie sie beispielweise auf Seite 57 der Firmenschrift "Gleitringdichtungen - Konstruktionsmappe 14" der Firma Feodor Burgmann Dichtungswerke GmbH & Co., D-8190 Wolfratshausen beschrieben sind, in einer der Dichtflächen 6, 7, vorzugsweise in der des rotierenden Gleitringes 3 vorgesehen sein, um das abzudichtende Medium zwischen die Dichtflächen 6, 7

12.07.96

zu pumpen und dadurch die Bildung des Dichtspaltes bei Betrieb zu fördern.

Eine Vorspanneinrichtung ist vorgesehen, um den drehfesten Gleitring 5 mit einer geeigneten Vorspannkraft gegen den rotierenden Gleitring 3 vorzuspannen und damit die Dichtflächen 6, 7 bei Stillstand der Welle 2 miteinander in dichtendem Eingriff zu bringen. Die Vorspanneinrichtung umfasst, wie dargestellt, eine Federeinrichtung 8, welche z.B. aus einer Vielzahl von in Umfangsrichtung voneinander beabstandeten Schraubenfederelementen bestehen kann, die sich jeweils mit einem ihrer axialen Enden am Gehäuse 1 und mit ihren gegenüberliegenden axialen Enden an einem axial beweglich auf einer Zentrierhülse 12 angeordneten Druckring 9 abstützen. Der Druckring 9 liegt am drehfesten Gleitring 5 an, so dass die Kraft der Vorspanneinrichtung 8 über den Druckring 9 auf den drehfesten Gleitring 5 übertragen wird.

Der Gleitring 5 besitzt einen im Innendurchmesser erweiterten Bereich, der einen Endbereich der Zentrierhülse 12 mit radialem Spiel übergreift. Das radiale Spiel ist durch einen in der Zeichnung nicht gezeigten radialen Spalt zwischen der inneren Umfangsfläche 14 des Gleitringes 5 und der äusseren Umfangsfläche 13 der Zentrierhülse 12 definiert.

Eine Dichtungseinrichtung 10 in Gestalt z.B. eines O-Ringes, der in einer Ausnehmung im Druckring 9 aufgenommen ist, ist vorgesehen, um den Druckring 9 gegenüber der Zentrierhülse 12 abzudichten. Ein Stützring 11 kann ferner in der Ausnehmung des Druckringes 9 angeordnet sein, um zu verhindern, dass Material des O-Ringes 10 in den radialen Spalt zwischen den zusammenwirkenden Umfangsflächen 13, 14 der Zentrierhülse 12 und des Gleitringes 5 fliessen bzw. verdrängt werden kann. Der Stützring 11 besteht vorzugsweise aus einem Kunststoffmaterial, wie Polytetrafluoräthylen (PTFE).

12.07.96

Die Zentrierhülse 12 stellt anders als bei bekannten Gleitringdichtungsanordnungen ein separates Bauteil dar, welches in geeigneter abdichtender Weise mit dem Gehäuse 1, z.B. durch Schrumpfen oder dgl. verbunden ist. Die Zentrierhülse 12 kann daher erfindungsgemäss aus einem anderen Material als das des Gehäuses 1 bestehen, d.h. einem Material, das in Bezug auf seine Dimensionsänderungen bei sich ändernden Temperaturen eine gleiche oder annähernd gleiche Verhaltensweise zeigt wie das Material, aus dem der drehfeste Gleitring 5 gebildet ist.

Die Zentrierhülse 12 und der drehfeste Gleitring 5 können aus identischen Materialien bestehen, um ein identisches Wärmeausdehnungsverhalten dieser Bauteile zu schaffen. Sie können jedoch auch aus unterschiedlichen Materialien gebildet sein, vorausgesetzt deren Wärmeausdehnungsverhalten ist annähernd gleich. Obwohl andere Materialien, die diese Bedingung erfüllen, verwendet werden können, sind bevorzugte Materialien keramische Materialien, wie Siliziumkarbid SiC oder Wolframkarbid WC, deren Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen etwa  $3,5$  und  $5,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}$  betragen. Ein weiteres vorteilhaftes Material für den drehfesten Gleitring 5 ist ein Kohlenstoffmaterial, dessen Wärmeausdehnungskoeffizient zwischen  $4$  und  $5 \cdot 10^{-6} \text{ K}$  liegt und damit demjenigen von SiC bzw. WC gleichkommt, aus dem die Zentrierhülse 12 gebildet sein kann.

Ein weiteres geeignetes Material für die Zentrierhülse 12 ist ein unter dem Handelsnamen INVAR vertriebenes metallisches Material mit einem Wärmeausdehnungskoeffizient, der bei ca.  $5,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}$  liegt.

Die vorbeschriebenen Massnahmen bewirken zum einen, dass ein Fluss des Materials des Stützringes 11 bzw. des O-Ringes der Dichtungseinrichtung 10 in den Zentrierspalt zwischen der Zentrierhülse 12 und dem drehfestem Gleitring 5 aufgrund der

- 8 - 12.07.96:

durch die Erfindung ermöglichten Minimierung wirksam vermieden oder zumindest stark eingeschränkt ist, so dass ggf. auf das Vorsehen eines Stützringes 11 verzichtet werden kann, und zum anderen, dass der drehfeste Gleitring 5 selbst bei erhöhten Temperaturen innerhalb enger radialer Spieltoleranzen in einer gewünschten koaxialen Ausrichtung gehalten werden kann.

Zur weiteren Verbesserung des Betriebsverhaltens der Gleitringdichtungsanordnung unter gleichzeitiger Vereinfachung von deren Aufbau ist bei der Ausführungsform der Erfindung, die in Fig. 2 gezeigt ist, die den Druckring 9 gegenüber der Zentrierhülse 12 abdichtende Dichtungseinrichtung in Gestalt eines Ringes 20 aus einem elastischen Kohlenstoffmaterial ausgebildet, der in einer Ausnehmung des Druckringes 9 aufgenommen ist und mit der äusseren Umfangsfläche 13 der Zentrierhülse 12 in dichtendem Eingriff steht. Als Alternative könnte zwischen dem Kohlenstoffring 20 und der äusseren Umfangsfläche 13 der Zentrierhülse 1 auch ein enger Drosselpalt vorgesehen sein, was die axiale Beweglichkeit des Druckringes 9 begünstigt. Der Kohlenstoffring 20 kann deshalb einen axialen Vorsprung 21 haben, der mit einer radialen Stirnfläche 22 an der benachbarten Stirnfläche des drehfesten Gleitringes 5 dichtend anliegt, so dass die Vorspannkraft über den Vorsprung 21 des Kohlenstoffringes 20 auf den drehfesten Gleitring 5 übertragen wird. Zum übrigen Aufbau der Gleitringdichtungsanordnung gemäss der zweiten Ausführungsform kann auf Fig. 1 mit zugehöriger Beschreibung verwiesen werden.

Infolge der Ausbildung der Dichtungseinrichtung in Gestalt eines Kohlenstoffringes 20 mit einem Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen 4 und  $5 \cdot 10^{-6} \text{K}$  entspricht dessen Dimensionsänderung unter sich ändernder Temperatur derjenigen einer Zentrierhülse 12 aus SiC oder WC, da diese Materialien im wesentlichen gleiches Wärmeausdehnungsverhalten wie Kohlenstoff zeigen, so dass ein Festsetzen des Kohlenstoffringes 20 auf der

- 9 - 12.07.96

Zentrierhülse 12 bei erhöhten Temperaturen nicht befürchten werden muss und daher die axiale Beweglichkeit des Druckringes 9 im wesentlichen unverändert erhalten bleibt. Als Alternative könnte der Druckring 9 auch insgesamt aus einem derartigen Kohlenstoffmaterial gebildet sein.

Fig. 3 und 4 zeigen in fragmentarischen Teilansichten modifizierte Ausführungsformen des Druckringes sowie der zugehörigen Dichtungseinrichtungen zur Abdichtung des Druckringes gegenüber der Zentrierhülse 12. Gemeinsames Merkmal dieser Ausführungsformen ist eine geteilte Ausbildung des Druckringes in Teildruckringe 9<sub>1</sub> und 9<sub>2</sub>, zwischen denen die betreffende Dichtungseinrichtung 30 bzw. 30' angeordnet ist, so dass die Vorspannkraft von einem Teildruckring 9<sub>1</sub> über die Dichtungseinrichtung 30 bzw. 30' auf den anderen Teildruckring 9<sub>2</sub> und weiter auf den drehfesten Gleitring 5 übertragen wird. Bei den Dichtungseinrichtungen 30 bzw. 30' kann es sich um solche aus einem Kohlenstoffmaterial, wie Graphit handeln. Die Kohlenstoffringe 30 bzw. 30' können entweder, wie Fig. 3 zeigt, alleine oder in Verbindung mit seitlichen Dichtungspackungen 31 vorgesehen sein, wie dies in Fig. 4 gezeigt ist.

Wie aus der vorausgehenden Beschreibung zu entnehmen ist, zeichnet sich die Erfindung dadurch aus, dass wenigstens die Zentrierhülse und der davon zentrierte drehfeste Gleitring aus Materialien mit gleichem oder annähernd gleichem Wärmeausdehnungsverhalten bestehen. Vorzugsweise sollten ferner die Wärmeausdehnungskoeffizienten möglichst geringe Zahlenwerte haben, so dass die Dimensionsänderungen unter sich ändernden Temperaturen nicht nur im wesentlichen gleich, sondern darüber hinaus minimal sind. Ferner wird bevorzugt, dass die Materialien, aus denen der Gleitring und die Zentrierhülse bestehen, eine hohe Steifigkeit (hoher Elastizitätsmodul) besitzen, so dass sie unter hohen mechanischen Beanspruchungen nur geringe elastische Verformungen erfahren und daher auch bei

- 10 -  
12.07.96

hohen abzudichtenden Drücken enge Toleranzen für den Zentrierspalt eingehalten werden können. SiC und WC erfüllen sowohl die erwähnten thermischen als auch mechanischen Materialanforderungen. Es wurde bei den vorbeschriebenen Ausführungsformen der Erfindung davon ausgegangen, dass die Zentrierung mittels der Zentrierhülse in Bezug auf den drehfesten Gleitring erfolgt. Wenn erwünscht, könnte in analoger Weise auch eine Zentrierung des rotierenden Gleitringes vorgesehen sein.

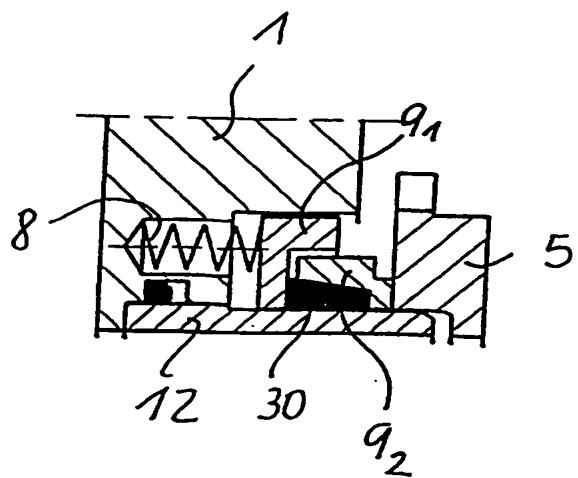
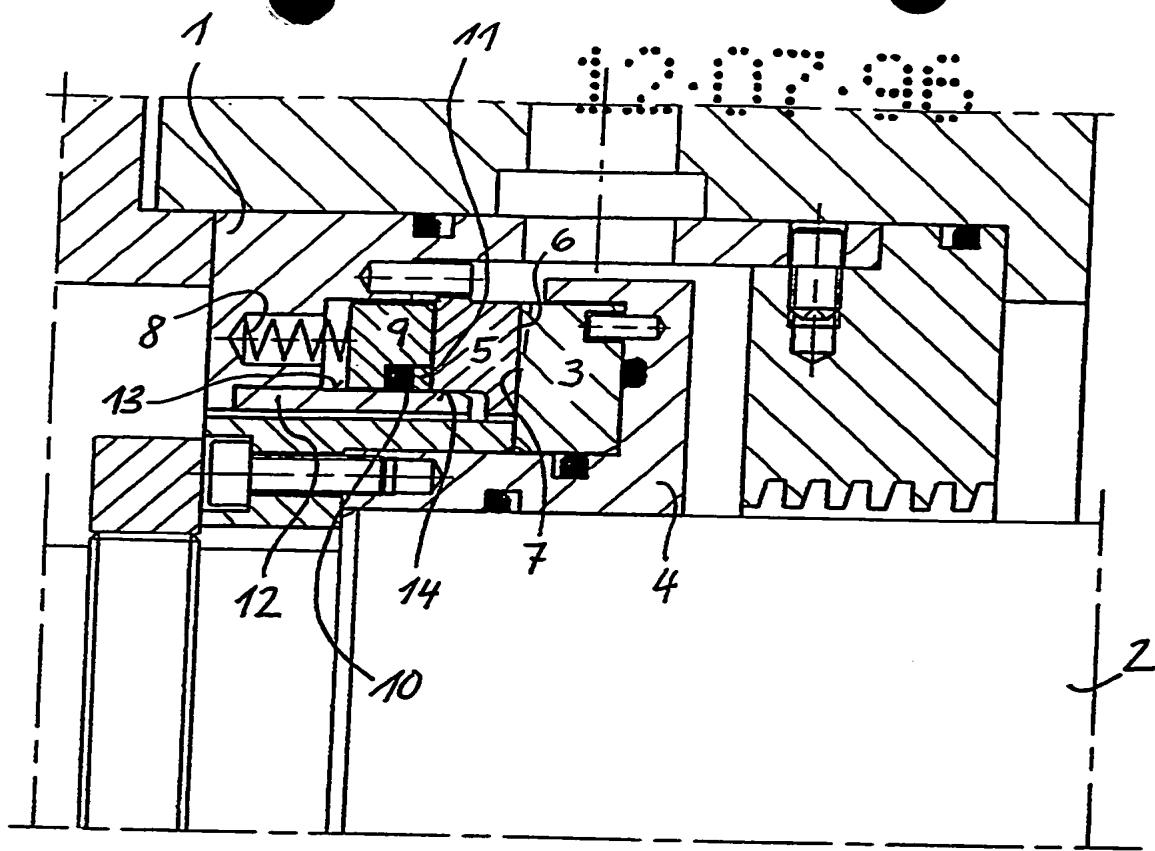
- 11 -  
12.07.96

### Schutzansprüche

1. Gleitringdichtungsanordnung mit einem Paar zusammenwirkender Gleitringe, von denen einer zur gemeinsamen Drehung mit einem rotierenden Bauteil und der andere drehfest in Bezug auf ein stationäres Bauteil montierbar ist, wobei wenigstens einer der Gleitringe auf einer Zentrierhülse mit radialem Spiel angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Zentrierhülse (12) und der Gleitring (5) zur Minimierung des radialen Spieles aus Materialien mit gleichem oder annähernd gleichem Wärmeausdehngskoeffizient gebildet sind.
2. Gleitringdichtungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zentrierhülse (12) und der Gleitring (5) aus gleichen oder unterschiedlichen Materialien gebildet sind.
3. Gleitringdichtungsanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Materialien Siliziumkarbid, Wolframkarbid oder ein Kohlenstoffmaterial umfassen.
4. Gleitringdichtungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welche ferner eine Vorspanneinrichtung aufweist, um eine Vorspannkraft über einen Druckring auf den auf der Zentrierhülse angeordneten Gleitring auszuüben und diesen gegen den anderen Gleitring axial vorzuspannen, wobei der Druckring auf der Zentrierhülse in abdichtender Beziehung axial beweglich angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens die Abdichtungsmittel des Druckringes (9) aus einem Material mit gleichem oder annähernd gleichem Wärmeausdehngskoeffizient wie der der Zentrierhülse (12) bestehen.

- 12 - 12.07.96

5. Gleitringdichtungsanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckring (9) aus besagtem Material gebildet ist.
6. Gleitringdichtungsanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Druckring (9) und der Zentrierhülse (12) eine Dichtungseinrichtung (20,30) aus besagtem Material vorgesehen ist.
7. Gleitringdichtungsanordnung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckring (9) bzw. die Dichtungseinrichtung (20) eine in dichtendem Eingriff mit dem Gleitring (5) stehende radiale Dichtfläche (22) aus besagtem Material aufweist.
8. Gleitringdichtungsanordnung nach Anspruch 5, 6 oder 7 in Verbindung mit einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das besagte Material ein Kohlenstoffmaterial umfasst.
9. Gleitringdichtungsanordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckring (9) geteilt ist und dass zwischen den Teilbereichen ( $9_1$ ,  $9_2$ ) des Druckringes die Dichtungseinrichtung (30) in vorspannkraftübertragender Beziehung angeordnet ist.
10. Gleitringdichtungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zentrierhülse (12) und der Gleitring (5) aus Materialien mit minimalen Wärmeausdehngskoeffizienten gebildet sind.
11. Gleitringdichtungsanordnung - nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmeausdehngskoeffizient der Materialien zwischen etwa  $3,0$  und  $6,0 \cdot 10^{-6} \text{K}$ , vorzugsweise  $3,5$  und  $5,5 \cdot 10^{-6} \text{K}$ , liegt.



12.07.96

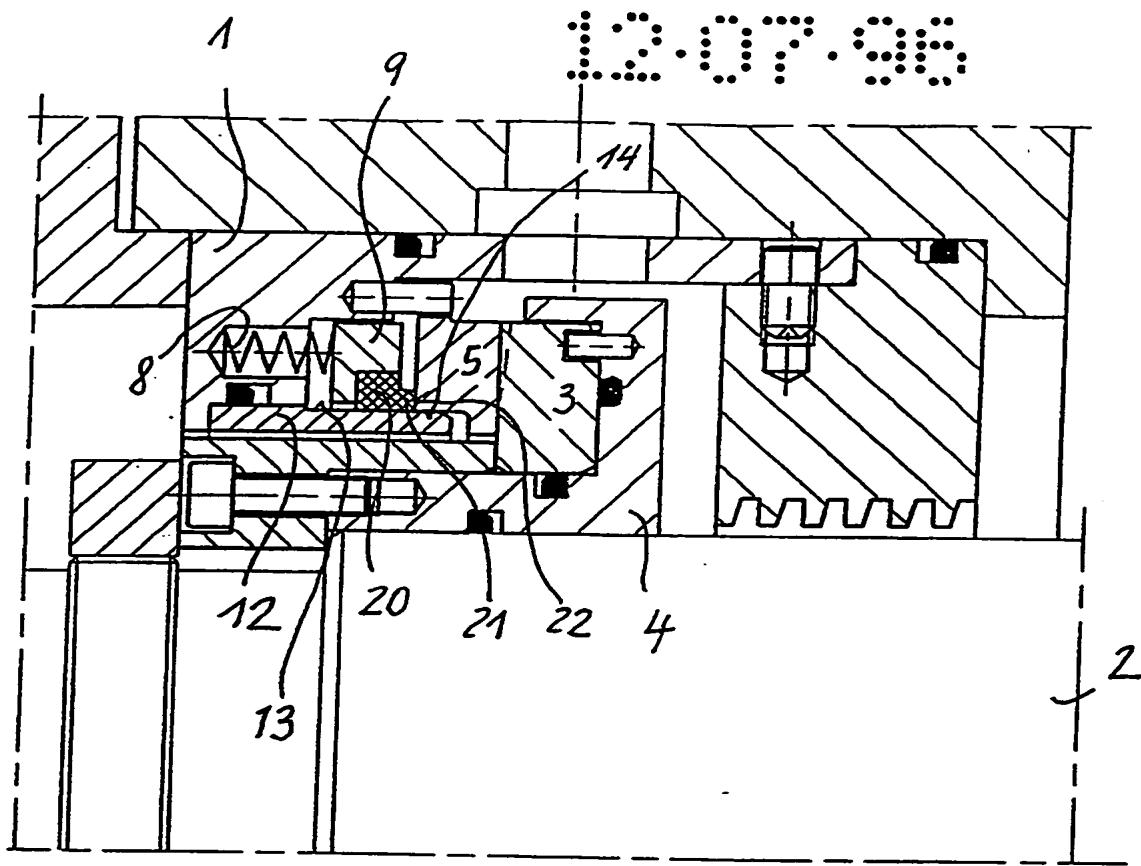


Fig.2

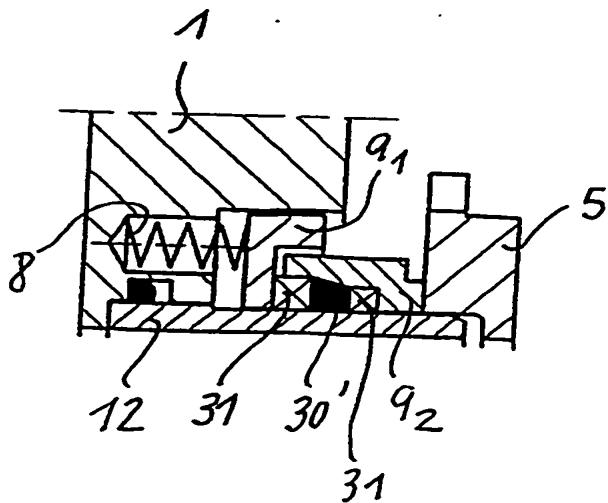


Fig.4